

⑫ 公開特許公報(A)

昭61-131816

⑤ Int.Cl.⁴

B 23 D 36/00

識別記号

庁内整理番号

W-7336-3C

⑬ 公開 昭和61年(1986)6月19日

審査請求 有 発明の数 1 (全7頁)

⑭ 発明の名称 ロータリカッタの制御方法

⑯ 特 願 昭59-253047

⑰ 出 願 昭59(1984)11月30日

⑱ 発 明 者 桑 原 耕 治 高砂市荒井町新浜2丁目1番1号 三菱重工業株式会社高砂研究所内

⑲ 発 明 者 高 見 勲 高砂市荒井町新浜2丁目1番1号 三菱重工業株式会社高砂研究所内

⑳ 出 願 人 三菱重工業株式会社 東京都千代田区丸の内2丁目5番1号

㉑ 復代理人 弁理士 鈴江 武彦 外2名

明 細 書

1. 発明の名称

ロータリカッタの制御方法

2. 特許請求の範囲

エネルギー最小の最適シヤ位置を材料移動量から算出し、それぞれエネルギー最小の最適シヤ速度および最適モータ電流をそれぞれ材料移動量および材料速度から算出し、これらの算出条件を実現するようにシヤを駆動することを特徴とするロータリカッタの制御方法。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は鋼板やダンボール等を切断するロータリカッタのシヤ位置、シヤ速度および駆動モータ電流をそれぞれエネルギー最小の最適条件に選んで、エネルギー最小の運転を可能ならしめるロータリカッタの制御方法に関するものである。

〔従来の技術〕

例えば、ライン上を移動する鋼板やダンボ

ール等を一定の正確な長さに切断するには、従来より第3図に示す装置が用いられる。この装置は、第3図中左から右へ速度Vで移動するダンボール等の材料15の移動量をローラ30に結合されたパルス発生器1の出力を積分することで得ると共に、この材料15の移動量とシヤ刃13に結合されたパルス発生器11により得られるシヤ刃13の回転移動速度及びこれを積分した回転移動量とが入力される制御装置12では、シヤ刃13の近接スイッチ36により検出される切断完了時を基準としてモータ9に制御指令を与えるようになっており、モータ9によりギヤ機構14を介してシヤ刃13が駆動される構造を有する。

この制御装置12を更に詳細に説明すると、第4図に示すように、パルス発生器1の信号からカウンタ2により材料移動量L_Lを得ると共に速度演算器3により材料速度V_Lを得る一方、パルス発生器11の信号からカウンタ8によりシヤ移動量L_Sを得ると共に速度演算器16

によりシャー速度 V_S を得る。材料移動量 L_L とシャー刃移動量 L_S とは加算器 17 でつき合わされ ΔL を得る。この ΔL の値に基づきゲインテーブル番号演算器 4 は移動量ゲインテーブル 5 及び速度ゲインテーブル 6 にテーブル番号 1 を出力する。そして、移動量ゲインテーブル 5 はテーブル番号 1 に従ってゲイン係数 G_L を求めて $G_L \cdot \Delta L$ を出力する。同様に速度ゲインテーブル 6 は $G_V \cdot \Delta V$ を出力する。なお、この ΔV はシャー速度 V_S と材料速度 V_L とを加算器 18 にてつき合わせた結果である。こうして、加算器 19 にて材料移動速度 V_L と ΔL に基づきゲイン係数を加味した移動量 $G_L \cdot \Delta L$ と速度 $G_V \cdot \Delta V$ とをつき合わせて速度指令 V_R を得て、速度制御器 7 を制御するものである。なお、モータ 9 の回転はパルス発生器 10 により速度制御器 7 に入力される。

かかる装置において、シャー刃 13 の周長よりも材料 15 の切断長が長い場合のモータ 9 に与える速度指令は第 5 図のようになる。すなわ

上記従来例では次のような問題点があった。

- (1) 従来では切断個所に近づいたところで速度ゲインに比べ位置ゲインを上げて位置を正確にしようとする、切断時点でのラインスピードがシャースピードと一致せず、また、速度ゲインを上げて速度を合わせようとする、切断長の精度がおちるという問題がある。このため、切断性能を維持するには微妙な調整が必要で、ラインスピードが微妙に変動する実際の装置では精度維持が困難になるという欠点がある。
- (2) 加減速に大きなエネルギーを要し、エネルギー効率が悪い。
- (3) 大容量モータ及び大容量モータ駆動系を要する。

本発明は前記従来の問題点を解消するために提案されたものであり、切断精度を高精度に維持するとともに、エネルギー最小運転を行ない、モータに対する必要馬力を下げると同時に、ランニングコストを最小にすることのできるロー

ち、材料速度（ラインスピード） V_L に対してシャー速度（シャースピード） V_S が加減速され、シャー刃 13 が切断を完了してから停止するまでに材料 15 が移動した距離を L_1 とすると、 $0 < L_L < L_1$ の間では制御装置 12 はフィードバック制御は行なわず一定の減速指令のみを出す。切断完了後シャー 13 が一旦停止した後再び加速を始めるまで材料 15 の進んだ距離を L_2 、加速し終って材料 15 の速度と同期するまでの移動距離を L_3 とすると、

$L_2 < L_L < L_3$ において、前述の ΔL を求め速度指令を速度制御器 7 へ出すようにしている。

材料の切断に当り基本的指令としては、カット長さが指定された長さとなることと、カット時のライン速度とシャー刃の速度とが等しいこととが必要である。したがって、シャー刃 13 の減速から加速に至る間に正確に一定長さの材料を見送り、切断時点ではラインスピードとシャースピードとが完全に一致する必要がある。

〔発明が解決しようとする問題点〕

タリカッタの制御方法を提供することを目的とするものである。

〔問題点を解決するための手段〕

本発明によるロータリカッタの制御方法は、エネルギー最小の最適シャー位置を材料移動量から算出し、それぞれエネルギー最小の最適シャー速度および最適モータ電流をそれぞれ材料移動量および材料速度から算出し、これらの算出条件を実現するようにシャーを駆動することを特徴とするものである。

〔作用〕

本発明によれば、材料移動距離の関数として、エネルギー最小の最適制御入力および最適軌道を求め、これらを例えばサーボ系のフィードフォワード入力としてシャーを駆動することにより、制御精度を高くするとともに、エネルギー最小の運転を可能ならしめるようにして、前記従来の問題点を解消し得るようにしたものである。

〔実施例〕

本発明の一実施例を添付図面を参照して詳細

に説明する。

第1図は本発明方法を実施するのに用いられる装置の一実施例の構成を示す図であり、第1図において、第4図と同一部分には同符号を付しその説明は簡略化する。ローラ30につながるパルス発生器1の出力は積分器2で時間積分され材料移動距離 l_s となつて、最適位置指令発生器32、最適速度比指令発生器22、および最適加速度比指令発生器24へそれぞれ入力される。これらそれぞれの発生器32、22、24は、切断長 L_s に従つて作られた理想曲線の特性を有しており、これら曲線は材料移動速度の変動によつて変化しない特性を有する。この特性及び最適性に関しては後述する。

一方、パルス発生器11からはシャー刃13の移動速度 V_s が得られ、積分器8で時間積分してシャー刃移動量 l_s が得られる。このシャー刃移動量 l_s は位置指令発生器32の出力 x_1^{**} と加算器29にて加算され、この加算器29では位置偏差 $\Delta l = x_1^{**} - l_s$ を得る。この

$$i = \frac{I}{K_t} A_c$$

なる関係があるので $\frac{I}{K_t}$ を乗ずることにより、加速度 A_c から電流 i を求めることができる。この電流指令 i^{**} は加算器31にて前述の Δx_v とモータ9の電流検出器28で検出される電機子電流 i と共に加算され、電流偏差 $\Delta i = i^{**} + \Delta x_v - i$ が求められる。そして、この加算器31の出力は電流制御器21を通過してモータ9に指令を与える。

つぎに、最適位置指令発生器32、最適速度比指令発生器22、最適加速度比指令発生器24の構成について述べる。

シャーの運動方程式は次式で与えられる。

$$I \frac{d^2 l_s}{dt^2} = K_t i \quad \dots \dots (1)$$

モータ消費エネルギーを最小にするには評価関数を次のように選べばよい。

位置偏差 Δl は位置制御器33を通過して V_{xL} として出力される。

また、速度比指令発生器22から出力される速度比指令 $\frac{dx_1^{**}}{dL_s}$ に材料速度乗算器23にてパルス発生器1からの出力 $\frac{dL_s}{dt}$ を乗じて $\frac{dx_1^{**}}{dt} (\equiv x_2^{**})$ なる速度指令を得る。そして、この速度指令 x_2^{**} は加算器30'にて前述の V_{xL} と V_s と共に加えられ、速度偏差 $\Delta V = V_{xL} + x_2^{**} - V_s$ が求められる。そして、加算器30'の出力は速度制御器34を通過して Δx_v として出力される。

更に、加速度比指令発生器24から得られる加速度比指令 $\frac{d^2 x_1^{**}}{dL_s^2}$ 二個直列の材料速度乗算器25、26にてパルス発生器1からの出力 $\frac{dL_s^2}{dt^2}$ が乗ぜられ $\frac{d^2 x_1^{**}}{dt^2} = A_c$ なる加速度指令を得る。しかもこの後定数掛算器27にて電流指令 i^{**} を得る。係数器に設定してある係数は $\frac{I}{K_t}$ であり、 K_t はモータのトルク定数、 I はモータ及びシャーの慣性モーメントである。すなわち、加速度 A_c とモータ電流 i とは

$$J = \int_0^T i^2 dt \rightarrow \min \quad \dots \dots (2)$$

終端時刻 T 及び初期条件、終端条件は次のようになる。

$$\text{終端時刻} \quad T = \frac{L_s}{V_s} \quad \dots \dots (3)$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{初期条件} \quad x_1(0) = 0 \\ \quad \quad \quad x_2(0) = V_s \end{array} \right\} \quad \dots \dots (4)$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{終端条件} \quad x_1(T) = L_s \\ \quad \quad \quad x_2(T) = V_s \end{array} \right\} \quad \dots \dots (5)$$

但し、ここで L_s ：切断長、 L_s ：シャー周長である。

(3)式は切断時刻 T が L_s/V_s で与えられることを示している。初期にはシャー位置は0であり、シャー速度はライン速度に同期しているものとする。終端条件は材料が L_s だけ移動したとき、シャーがちょうど1回転しており、かつライン

速度に同期していることを示している。終端時に切断が行なわれる。(1)式より、制御対象の状態方程式は次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} &= m \end{aligned} \right\} \dots \dots (6)$$

$$\text{但し、} m \equiv \frac{K_I}{I}, x_1 \equiv L_s, x_2 \equiv \frac{dL_s}{dt}$$

(6)式で表わされるシステムを(3)、(4)、(5)式の条件のもとで(2)式を最小にする最適制御入力 m^* 及び最適軌道 x_1^*, x_2^* は最大原理を用いて計算すると次のようになる。

$$m^* = \frac{L_s - v_s T}{\frac{1}{12} T^4} \left(-T \cdot t + \frac{T^2}{2} \right) \dots \dots (7)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{初期条件 } x_1(0) &= 0 \\ x_2(0) &= v_s(0) \end{aligned} \right\} \dots \dots (11)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{終端条件 } x_1(T) &= L_s \\ x_2(T) &= v_s(T) \end{aligned} \right\} \dots \dots (12)$$

L_s : シャー周長

ライン速度変動は前もって知ることができないので、制御開始時点で最適解を得ることができない。もし、ライン速度変動を無視した制御を行なうと、もっとも重要な切断精度がきわめて悪化してしまい、実用性がなくなってしまう。切断精度を維持するには、

$$\left| \frac{\int_0^T v_s dt - L_s}{L_s} \right| < 10^{-4}$$

程度の精度が要求される。そこで、次の性質を持つ制御方法を求めたことが本発明の大きなポイントである。

(1) 速度変動がなければ最適性が保証され、(10)式を満たす。

$$\left. \begin{aligned} \text{変位} \\ x_1^*(t) &= \frac{12(L_s - v_s T)}{T^4} \left(-\frac{T}{6} t^3 + \frac{T^2}{4} t^2 \right) + v_s t \\ \text{速度} \\ x_2^*(t) &= \frac{12(L_s - v_s T)}{T^4} \left(-\frac{T}{2} t^2 + \frac{T^2}{2} t \right) + v_s \end{aligned} \right\} \dots \dots (8)$$

となる。

評価関数の値は

$$\min J = 12 \left(\frac{L_s - L_{sy} - v_s T}{\frac{K_I}{I}} \right)^2 T^{-3} \dots \dots (9)$$

となる。

以上は最大原理の単純な応用であり、ライン速度 v_s が不変のときのみ成立つ。しかし、現実には v_s が時々刻々変動する。速度変動を考慮した最適問題は終端時刻及び境界条件が次のように与えられることになる。

$$\text{終端時刻 } \int_0^T v_s dt = L_s \dots \dots (10)$$

L_s : 切断長

(2) 速度変動があると最適性はくずれるが、(10)～(12)式は満足する。

速度変動がないときの最適軌道は

$$x_1^*(t) = (L_s - v_s T) \left\{ -2 \left(\frac{t}{T} \right)^3 + 3 \left(\frac{t}{T} \right)^2 \right\} + v_s t \dots \dots (13)$$

$$x_2^*(t) = \frac{(L_s - v_s T)}{T} \left\{ -6 \left(\frac{t}{T} \right)^2 + 6 \left(\frac{t}{T} \right) \right\} + v_s \dots \dots (14)$$

である。ここで、

$$v_s T = L_s \dots \dots (15)$$

$$v_s T = L_s \dots \dots (16)$$

とおいて(13)式へ代入すると、位置の軌道は次式のように、材料の移動量 L_s のみの関数となる。

$$x_1^{**}(L_s) = (L_s - L_0) \left\{ -2 \left(\frac{L_s}{L_0} \right)^3 + 3 \left(\frac{L_s}{L_0} \right)^2 \right\} + L_0 \dots \dots (17)$$

材料移動量を計測して(1)式を計算すればシャ-位置の準最適軌道を知ることができる。 v_e が一定ならば(1)式は最適軌道を与える。 $L_e = L_0$ となったとき、シャ-移動量 $x_1^{**}(L_0 - L_{ey})$ は、

$$x_1^{**}(L_0 - L_{ey}) = L_0 \quad \dots\dots (8)$$

となり、従って、 $\int_0^T v_e dt = L_0$ を満足するTにおいて、位置の終端条件(2)式を満足する軌道が L_e の関数として得られる。

速度の軌道は(1)式を時間で微分して、

$$x_2^{**}(L_e) = \frac{d}{dt} x_1^{**}(L_e) = \frac{dx_1^{**}(L_e)}{dL_e} \cdot \frac{dL_e}{dt}$$

$$\therefore x_2^{**}(L_e) = [(L_0 - L_e) \{-6 \frac{L_e^2}{L_0^3} + 6 \frac{L_e}{L_0^2}\} + 1] v_e \quad \dots\dots (9)$$

$$\text{但し、} v_e = \frac{dL_e}{dt}$$

L_e 及び v_e を計測して(9)の計算を行なうと速度の準最適軌道を得ることができることを示し

を示している。なお、ライン速度が一定であれば、(1)、(9)、(10)式が最適軌道、最適制御入力であることは明らかである。

制御入力として(10)式を入力すると、数式モデルと実機との差が顕在化し、終端条件(2)式を満足するのは困難である。そこで、シャ-駆動系はモータ電流、モータ速度、位置をフィードバックするサーボ系を構成し、(1)式で表わされるシャ-位置の最適軌道を目標値とする追従制御を行ない、追従性能を上げるための補助入力として(9)式の速度軌道及び(10)式の電流軌道を用いる。

なお、(10)式において、実用的見地からすれば、第1項に比べ第2項はきわめて小さいのでこれを無視する。

以上より、最適位置指令発生器32は L_e を変数として(1)式を計算し、 x_1^{**} を出力するものである。

最適速度比指令発生器22は L_e を変数として次式により $\frac{dx_2^{**}}{dL_e}$ を出力するものである。

ている。

(9)式の初期状態及び終端状態は、

$$x_2(0) = x_2^{**}(0) = v_e(0)$$

$$x_2(T) = x_2^{**}(L_0) = v_e(T)$$

となり、境界条件を満足する。

制御入力は(10)式を時間で微分して、

$$\begin{aligned} i_1^{**}(L_e) &= \frac{1}{K_1} m^{**}(L_e) = \frac{1}{K_1} \frac{d}{dt} x_2^{**} \\ &= \frac{1}{K_1} [(L_0 - L_e) \{-12 \frac{L_e}{L_0^3} + \frac{6}{L_0^2}\} + 1] v_e^2 \\ &\quad + \frac{1}{K_1} [(L_0 - L_e) \{-6 \frac{L_e^2}{L_0^3} + 6 \frac{L_e}{L_0^2}\} + 1] m_e \end{aligned} \quad \dots\dots (10)$$

但し、 $m_e = \frac{dv_e}{dt}$ であり、これはライン加速度である。

L_e 、 v_e 、 m_e を計測し、(10)式を計算することにより、終端時刻、初期条件、終端条件を満足する準最適制御入力を求めることができるこ

$$\frac{dx_1^{**}}{dL_e} = (L_0 - L_e) \{-6 \frac{L_e^2}{L_0^3} + 6 \frac{L_e}{L_0^2}\} + 1 \quad \dots\dots (11)$$

最適加速度比指令発生器24は L_e を変数として次式により $\frac{d^2 x_1^{**}}{dL_e^2}$ を出力するものである。

$$\frac{d^2 x_1^{**}}{dL_e^2} = (L_0 - L_e) \{-12 \frac{L_e}{L_0^3} + \frac{6}{L_0^2}\} + 1 \quad \dots\dots (12)$$

上記本発明の一実施例の作用について説明する。

上記本発明の一実施例においては、準最適軌道 x_1^{**} を目標値とするサーボ系が構成されており、シャ-位置は x_1^{**} に近い動きをする。サーボ系に x_1^{**} のみを目標値として与えると、サーボ系の追従遅れが発生し、最適軌道とズレが大きくなるが、準最適速度指令及び準最適加速度を発生する準最適電流指令を速度及び電流制御器の入力に重畳しているので準最適軌道に非常に近い軌道を与えがくことになる。

(発明の効果)

以上により本発明によれば以下の如き優れた効果が奏せられるものである。

(1) 省エネルギー

従来方式は第5図に示したように速度を直線的に変化させている。モータに最も大きな負担がかかる状態は第5図において、 $t_1 = t_2$ となり、休止期間がまったくない状態になる切断を行なう場合である。モータ容量の選定はこの状態(以後ヘビーデューティサイクルとよぶ)をベースに行なわれる。

ヘビーデューティサイクルは切断長 L_c がシャー周長 L_s の2倍となったとき発生する。

$$L_c = 2 L_s \quad \dots\dots (4)$$

ライン速度 v_s が一定であるとするとき終端時刻 T でラインは切断長だけ移動している必要があるので、

$$v_s \cdot T = L_c \quad \dots\dots (5)$$

となる。

$$J_{min} = \frac{12}{8} \left(\frac{1}{K_I} \right)^2 \frac{v_s^3}{L_s}$$

となり、駆動に必要なエネルギー、すなわちエネルギー消費が従来方式の75%ですむことがわかる。

(2) 小容量モータの採用

駆動に必要なエネルギーが75%でよいということはモータそのものの容量を75%にすることができる。

(3) 正確な切断(その1)

単なる最大原理の応用ではライン速度変動などの外乱により、切断精度、齊速精度が悪化し、実用的なものとはならないが、シャー最適位置を材料移動距離の関数として与えたことにより、ライン速度変動があっても、正確な切断が行なえる。

(4) 正確な切断(その2)

シャー最適速度、最適モータ電流を材料移動距離と材料速度とから求め、これらをサ-

図24式より

$$T = \frac{2 L_s}{v_s} \quad \dots\dots (6)$$

時刻 $\frac{T}{2}$ で v_s から0まで減速し、次の $\frac{T}{2}$ 時刻で0から v_s まで加速するに必要な電流量は

$$v_s = a \cdot \frac{T}{2} = a \frac{L_s}{v_s} = \frac{K_I}{I} \cdot \frac{L_s}{v_s} \quad \dots\dots (7)$$

を満足するので、この関係から

$$I = \frac{1}{L_s K_I} v_s^2$$

となる。このときの評価関数(2)式の値は

$$J = 2 \left(\frac{1}{K_I} \right)^2 \frac{v_s^3}{L_s} \quad \dots\dots (8)$$

となる。

一方、本発明により $L_c = 2 L_s$ となる切断を行なったときの評価関数(2)式の値は、

ホールのフィードフォワード入力とすることにより、さらに制御精度を高くし、エネルギー最小の運転が可能となる。

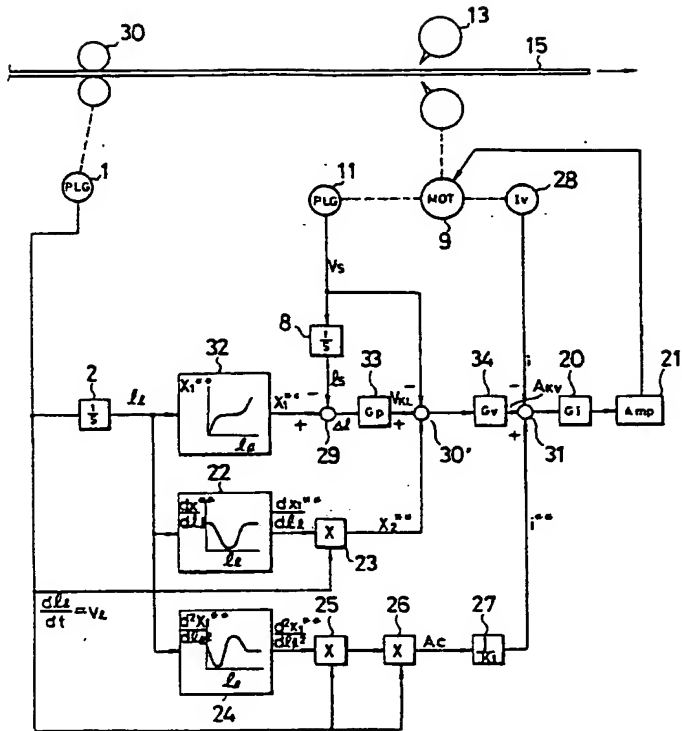
4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明方法を実施するのに用いられる装置の一実施例の構成を示す図、第2図は第1図に示す一実施例の作用を示す図、第3図～第5図はそれぞれ従来例を説明するための図である。

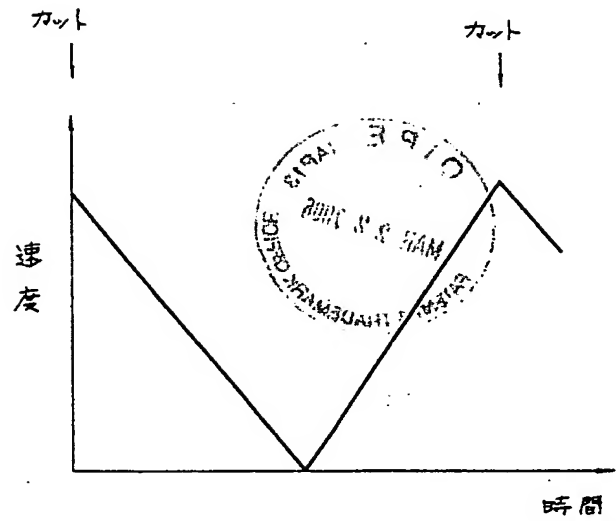
21…電流制御器、22…最適速度比指令発生器、23, 25, 26…材料速度乗算器、24…最適加速度比指令発生器、27…定数掛算器、28…電流検出器、29, 30', 31…加算器、32…最適位置指令発生器、33…位置制御器。

出願人復代理人 弁理士 鈴江武彦

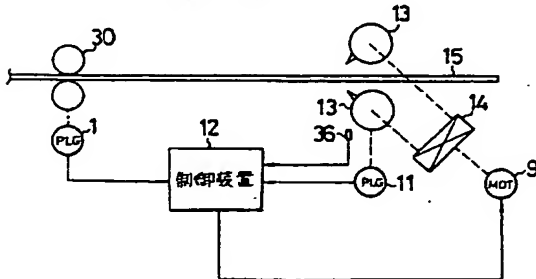
第 1 図



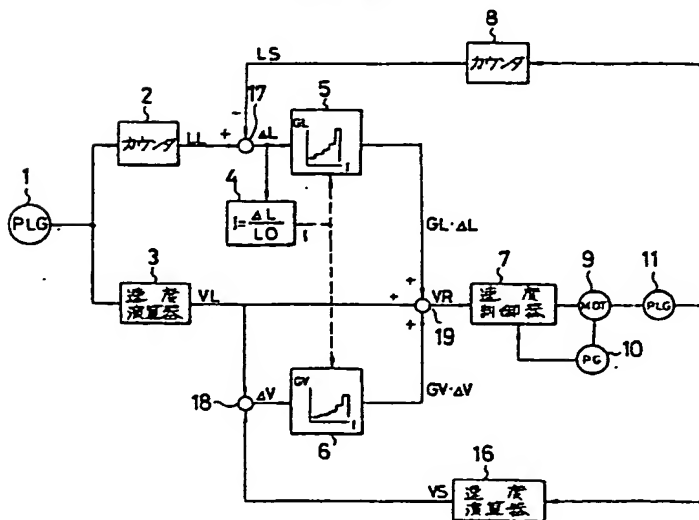
第 2 図



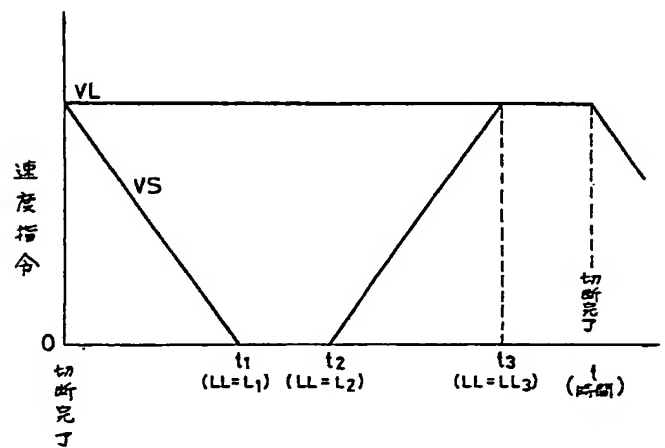
第 3 図



第 4 図



第 5 図



THIS PAGE BLANK (USPTO)

